

(K)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-158817

(43)Date of publication of application : 08.07.1991

(51)Int.Cl. G02B 15/20  
G02B 9/00  
G02B 13/18

(21)Application number : 01-297620

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 17.11.1989

(72)Inventor : MATSUZAKI HIROSHI  
TSUCHIDA HIROBUMI  
AOKI NORIHIKO

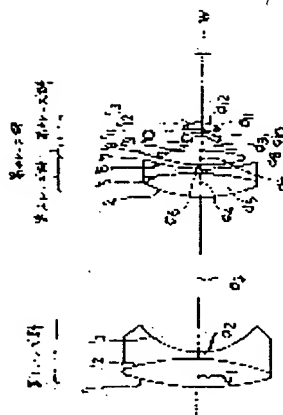
## (54) VARIABLE POWER LENS

## (57)Abstract:

PURPOSE: To effectively correct aberration by using an axial type refractive index distribution type lens in a lens system.

CONSTITUTION: The lens system is constituted of four lens groups of negative, positive, positive, and positive groups, the lens most close to the image side in the 1st lens group is a refractive index distribution type lens having refractive index distribution satisfying condition (1) on the image side part and the distortion aberration or the like of the wide side is corrected by the lens concerned. Since the light height of out-of-axis light is high in the 1st lens group, the lens aperture is large and the use of an aspherical surface is not easy, the use of the refractive index distribution type lens is effective.

Since a refractive index distribution type lens satisfying condition (3) is used for the most image side lens in the 4th lens group, the spherical aberration, astigmatism and comatic aberration of the wide end are effectively corrected. (1)  $\overline{N1(1).fw} < 0.1$  (3)  $\overline{N1(4).fw} < 0.1$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-158817

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

G 02 B 15/20  
9/00  
13/18

識別記号

庁内整理番号

8106-2H  
8106-2H  
8106-2H

⑭ 公開 平成3年(1991)7月8日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全25頁)

⑮ 発明の名称 変倍レンズ

⑯ 特 願 平1-297620

⑰ 出 願 平1(1989)11月17日

⑱ 発 明 者 松 崎 弘 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

⑲ 発 明 者 樋 田 博 文 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

⑳ 発 明 者 青 木 法 彦 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

㉑ 出 願 人 オリンパス光学工業株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

㉒ 代 理 人 弁理士 向 寛 二

明 細 書

1. 発明の名称

変倍レンズ

2. 特許請求の範囲

(1) 物体側より順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、いずれも正の屈折力を持つレンズ群である第2、第3、第4レンズ群と、第3レンズ群の後方に配置した絞りとよりなり、各レンズ群間の間隔を変化させて変倍を行なうレンズ系で、レンズ系中に光軸方向に屈折率分布の付いた屈折率分布型レンズを少なくとも1枚有することを特徴とする変倍レンズ。

(2) 物体側より順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、いずれも正の屈折力を持つレンズ群である第2、第3、第4レンズ群と、第3レンズ群の後方に配置されている絞りとよりなり、各レンズ群間の間隔を変化させて変倍を行なうレンズ系で、そのレンズ系中に非球面レンズを少なくとも1枚有することを特徴とする変倍レンズ。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、カメラ特にビデオカメラ用の変倍レンズに関するものである。

【従来の技術】

現在、民生用ビデオカメラのレンズとして、ズーム比が6～10で口径比がF/1.2～F/2.0のズームレンズが主流である。それは、上記のスペックが設計上およびニーズ上で非常に効率の良い位置付けにあるからである。

上記のようなズームレンズは、一般に4群ズームと呼ばれるものが多く、例えば特開昭58-102208号公報、特開昭58-153913号公報等に表示されているものがある。

これらズームレンズは、一般に物体側より順に正の屈折力を持ち変倍の際は固定でありフォーカシング機能を有する第1レンズ群と、負の屈折力を持ち可動であって変倍機能を有する第2レンズ群と、変倍に伴う像面の移動を補正するために移動する第3レンズ群と、絞りと、正の屈折力を持ち常時固定で結像作用を有する第4レンズ群とか

ら構成されている。

このタイプの4群ズームレンズは、高変倍化と大口径化を達成するには適している。しかし第1レンズ群が正のパワーを有しているために広画角化には不向きであってワイド端での画角は、50°程度が限度である。現在市販されている4群ズームレンズを用いると、屋内の撮影では、画角が小さくて満足できる撮像の撮影が出来ず、ユーザーのニーズとしては画角のより広いズームレンズが望まれている。

一方画角の広いズームレンズとして2群ズームがある。それは物体側より順に負の屈折力を持つ第1レンズ群と、正の屈折力を持つ第2レンズ群とよりなり、これらのレンズ群の相対的間隔を変化させて変倍を行なうものである。

この2群ズームレンズは、負のレンズ群が先行するために広角化には適しているが高変倍化と大口径化には適しておらず、変倍比が2程度のものが一般的である。

又この2群ズームレンズは、絞りが第2レンズ

群中にあり、変倍の際に第2群とともに移動するのが一般的である。このように絞りを移動させることは、機構構成上コスト高になり好ましくない。

広画角化をめざしたビデオカメラ用ズームレンズとして、特開昭63-292106号公報、特開平1-191820号公報に記載されたレンズ系が知られている。

前者は、負、正、正の三つのレンズ群よりなるズームレンズであるが、絞りが第2レンズ群と共に動くので、機構構成上コスト高になる。又変倍に伴ってFナンバーが変化するので好ましくない。

又後者のズームレンズは、負、正、正の3群構成であり、各レンズ群が可動であり、絞りが第2レンズ群と第3レンズ群の間に固定されているが、変倍比が2〜3で小さく、十分満足し得るものではない。

又負、正、正の3群構成のズームレンズとして、特開昭64-40913号公報に記載されて

いるものがある。このレンズ系もズーム比が3倍弱であって、十分満足出来るものではなく又ワイド端での画角が最大でも45°程度であって、広画角とは言えない。

#### 【発明が解決しようとする課題】

以上のように従来のズームレンズは、変倍比が大であればワイド端での画角が狭く、ワイド端での画角が広ければ変倍比が小であるという問題点を有していた。

本発明は、口径比がF/2.8程度、ワイド端の画角が60°〜70°程度、変倍比が3〜5程度のスペックを同時に満足するカメラ用変倍レンズを提供するものである。

#### 【課題を解決するための手段】

本発明の変倍レンズは、物体側より順に負の屈折力を持つ第1レンズ群と、夫々正の屈折力を持つ第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群と、第3レンズ群よりも像側に配置された絞りとよりなり、各レンズ群間の間隔を変化させて変倍を行なうレンズ系で、レンズ系中に少なくとも一

枚の光軸方向に屈折率分布を持つ屈折率分布型レンズを有するか或いはレンズ系中に少なくとも1枚非球面レンズを有するものである。

本発明は、その一つとして前記のような構成のもので、軸方向に屈折率分布の付いたいわゆるアキシャルタイプの屈折率分布型レンズをレンズ系中に用いることによって収差を良好に補正するようにしたものである。

アキシャルタイプの屈折率分布型レンズは、光軸方向に屈折率分布を持たせたもので、レンズが曲率を持った場合、レンズの半径方向に面上での屈折率を変化するために、適当な屈折率分布を付けると均質レンズに比べてレンズを通る光線のふりまいに多様性を持たせることが出来、各種収差補正の可能性を有している。

屈折率分布型レンズには、光軸方向に屈折率分布を持ったアキシャルタイプと、半径方向に屈折率分布を持ったラジアルタイプとがあるが、アキシャルタイプの屈折率分布型レンズは、製造しやすい点でラジアルタイプの屈折率分布型レンズよ

りも有利である。又アキシャルタイプの屈折率分布型レンズは、大口径のレンズを製作することが出来るために、レンズ系中の光線高が高くなるようなレンズ群中にこれを用いることが有効な利用法である。

本発明では、広画角で、高変倍比を得るために、前記のように第1レンズ群を負の屈折力に又第2、第3、第4レンズ群を夫々正の屈折力を持つようなレンズ群の配置とした4群構成としレンズ系中に少なくとも1枚のアキシャルタイプの屈折率分布を用いたものであることを特徴としている。

即ち、広画角を達成するために第1レンズ群に負の屈折力を持たせ更に高変倍比とするために各レンズ群の屈折力を強くする必要がある。しかしレンズ群の屈折力を強くすると収差が大になる傾向があるため、収差補正能力の優れたアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いることが有効である。つまり前述のようにアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いると、その分布のつ

からの光軸上の距離である。

尚式(i)は屈折率分布が基準点 $N_0$ よりも像側に付いている場合、式(ii)は物体側についている場合である。

次に本発明における他の解決手段は、前記の構成のレンズ系で、アキシャルタイプの屈折率分布型レンズとはほぼ同様な収差補正能力を持つ非球面レンズを用いたものである。

ここで用いる非球面の形状は、その面の光軸との交点を原点として光軸方向に $x$ 軸、光軸に垂直な方向に $y$ 軸をとるとき次の式にて表わされる。

$$x = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - P(y/r)^2}} + \sum_{i=1}^n A_i y^{2i}$$

ただし $r$ は基準球面の曲率半径、 $P$ は円錐定数、 $A_i$ は非球面係数である。

アキシャルタイプの屈折率分布型レンズと非球面とは、収差補正能力が類似している。ここでアキシャルタイプの屈折率分布型レンズは、例えば現在広く用いられているプラスチック非球面レンズに比べて温度安定性が良く、温度変化に対して

た面での光線の屈折方向に均質球面レンズよりも多様性を持たせることができ、このレンズでの収差補正能力が増大するので、その分それ以外のレンズに大きな屈折力を持たせたまま収差補正の負担を軽減出来、したがってスベック上高性能な変倍レンズである広画角で高変倍比のレンズ系を得ることが出来る。

アキシャルタイプの屈折率分布型レンズは、レンズ面頂より光軸に沿ったある距離 $x_0$ の位置を基準点とし、この基準点より物体側或いは像側のいずれかに向かって屈折率分布を持つもので、次の式(i)又は(ii)にて表わされる。

$$\left. \begin{aligned} N(x) &= N_0 & (x \leq x_0) \\ N(x) &= N_0 + N_1(x-x_0) + N_2(x-x_0)^2 + N_3(x-x_0)^3 \\ &\quad + \dots & (x \geq x_0) \end{aligned} \right\} \text{(i)}$$

$$\left. \begin{aligned} N(x) &= N_0 & (x \geq x_0) \\ N(x) &= N_0 + N_1(x-x_0) + N_2(x-x_0)^2 + N_3(x-x_0)^3 \\ &\quad + \dots & (x \leq x_0) \end{aligned} \right\} \text{(ii)}$$

ただし、 $N_0$ は基準点 $x_0$ における屈折率、 $N_1, N_2, N_3, \dots$ は夫々1次、2次、3次の係数、 $x$ は面頂

レンズ特性が変化しにくいことや、大口径化が可能であることから、非球面を作るための高価な金型を製作する必要がなく、少量生産にも適するなどの特徴を有している。

次に本発明において、各レンズ群に屈折率分布型レンズを用いた時の特徴について説明する。

本発明は、広画角、高変倍比を得るために前述のような4群構成とし又レンズ系中に少なくとも1枚非球面レンズを用いたことを特徴としている。つまり広画角にするため第1レンズ群に負の屈折力を持たせ、併せて高変倍比にするため各レンズ群の屈折力を強くした。このようにレンズ群の屈折力を強くした時に収差が大になる傾向を有するので、これを補正するために非球面を用いている。このように非球面を用いれば、その面での光線の屈折方向に球面の場合よりも多様性をもたせることが出来、この面での収差補正能力が増大する。この非球面による収差補正能力の増大の分、それ以外のレンズに大きな屈折力を持たせたまま収差補正の負担を軽減でき、したがって広

画角、高変倍比の変倍レンズを構成し得る。

次に本発明において屈折率分布型レンズを用いる場合で、各レンズ群にこれを用いた場合につき夫々説明する。

第1レンズ群中に屈折率分布型レンズを少なくとも1枚用いる場合、光軸から離れるにしたがって負の屈折力が減少するような作用をもつ屈折率分布型レンズを用いれば、有効に収差補正をすることが可能になる。

レンズ系を広画角にするためには、第1レンズ群の負のパワーを強くする必要があり、軸外収差特にワイド側での歪曲収差が発生しやすい。この歪曲収差を補正するためには、前記の作用を有するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いることが好ましい。

第1レンズ群では、特にワイド端での軸外光線高が高くなりレンズの口径が大になるために大口径でも製作が容易であるアキシャルタイプの屈折率分布型レンズが有効である。ここで用いる屈折率分布型レンズは、次の条件(1)を満足すること

の屈折率分布型レンズを少なくとも1枚用いることが望ましい。またこれらのレンズ群においては、テレ側の軸外光線高が高くなるため、レンズの口径が大きくなり、大口径でも製作が容易なアキシャルタイプの屈折率分布型レンズのほうが有効である。このことから次の条件を満足するような屈折率分布をもつ屈折率分布型レンズを用いることが望ましい。

$$(2) \quad |N_{1,100} \cdot f_w| < 0.5$$

ただし  $N_{1,100}$  は、第2レンズ群、第3レンズ群中に用いる屈折率分布型レンズのd線の1次の分布係数  $N_1$  である。

条件(2)は、条件(1)と同様に1次の分布係数  $N_1$  を規定するもので、収差補正のためのものである。 $N_1$  が条件(2)の範囲を超えるような大きな値になると球面収差が補正過剰につまり符号の逆の球面収差が発生し好ましくない。

更に第4レンズ群中に少なくとも1枚次の条件(3)を満足するアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いると球面収差やコマ収差を補正する

が望ましい。

$$(1) \quad |N_{1,100} \cdot f_w| < 0.1$$

ただし、 $N_{1,100}$  は第1レンズ群中で用いる屈折率分布型レンズのd線の1次の分布係数  $N_1$ 、 $f_w$  はワイド端における全系の焦点距離である。

1次の分布係数  $N_1$  は、分布の形状を決定する上で大きく関与し、 $N_1$  の値の変化により収差が大きく変化する。第1レンズ群にアキシャルタイプの屈折率分布型レンズを用いた場合、歪曲収差の補正に有効であるが、 $N_1$  が条件(1)の範囲を超えるような大きな値になると、他の収差とのバランスがとれなくなり、歪曲収差が補正過剰になると共にコマ収差が増大し好ましくない。

又レンズ系のFナンバーを小さくしようとするとき、テレ側において第2、第3レンズ群で球面収差が発生する。この球面収差を補正するためには、正の屈折力を減少させるような屈折率分布を持つ屈折率分布型レンズを用いることが望ましい。そこで第2レンズ群、第3レンズ群中の正レンズに、次の条件(2)を満足するアキシャルタイ

ために有効である。

$$(3) \quad |N_{4,100} \cdot f_w| < 1.0$$

ただし  $N_{4,100}$  は、第4レンズ群中の屈折率分布型レンズの1次の係数  $N_1$  である。

条件(3)の範囲を超えるとワイド側とテレ側にかけて球面収差が補正過剰になり、また屈折率差が大きくなるために他の収差とのバランスがとれなくなり、特にコマ収差が増大するので好ましくない。

アキシャルタイプの屈折率分布型レンズと非球面レンズとは、類似した効果を有しているので、アキシャルタイプの屈折率分布型レンズの代りに非球面レンズを用いることが出来る。

次に本発明において各レンズ群に非球面レンズを用いた場合について夫々説明する。

まず非球面レンズを第1レンズ群中に用いる場合は、このレンズ群に屈折率分布型レンズを用いた場合と同様に、光軸から離れるにしたがって負の屈折率が減少するような効果を持つ非球面をこのレンズ群中に少なくとも1枚用いると効果的に

収差補正することが可能になる。

広画角を達成させるためには、第1レンズ群の負のパワーを強める必要があるために、軸外収差特にワイド側での歪曲収差が発生しやすく、これを補正するために前述の作用を持つ非球面レンズを用いることが好ましく、その場合次の条件(4)を満足することが望ましい。

$$(4) \quad \Sigma |\Delta x|/h < 0.4 \quad (y = y_{ec})$$

ただし $\Delta x$ は非球面の基準球面からの変位量、 $h$ は最大像高、 $y$ は光軸からの高さ、 $y_{ec}$ はこの非球面上における最大画角の主光線高である。

条件(4)は非球面の球面からのずれ量を規定したもので、このずれ量により収差は大きく変化する。第1レンズ群に非球面を用いると、歪曲収差の補正にとって有効であるが、条件(4)を超えるような大きな非球面量を与えると、歪曲収差が補正過剰になる上にコマ収差も増大し好ましくない。

次に、レンズ系のFナンバーを小さくしようとすると第2、第3レンズ群においてテレ側で球面

力を減少させるような形状であることが望ましい。

$$(6) \quad \Sigma |\Delta x|/h < 0.1 \quad (y = y_{ec})$$

ただし $\Delta x$ は上記非球面の基準球面からの変位量、 $h$ は最大像高、 $y$ は光軸からの高さ、 $y_{ec}$ はこの面における軸上マージナル光線の光線高である。

この条件(6)も非球面量を規定するもので条件(6)の範囲を超えると、ワイド端からテレ端にかけて球面収差が補正過剰になり、また非球面量が大きすぎるために球面収差以外の収差のバランスがとれなくなり、特にコマ収差が増大して好ましくなくない。

以上述べたようにアキシャルタイプの屈折率分布型レンズと非球面レンズとはある程度おきかえが可能である。しかし実際には屈折率分布型レンズと非球面レンズとの製造上の特性を考慮して使いわけの必要がある。例えばレンズが大口径である場合は、非球面の加工が難しいので球面研磨のみでよいアキシャルタイプの屈折率分布型レンズ

収差が発生する。この球面収差を補正するためには、これらレンズ群中に光軸から離れるにしたがって正の屈折力を減少させるような非球面レンズを用いることが望ましい。この第2レンズ群、第3レンズ群に用いる非球面は次の条件(5)を満足することが好ましい。

$$(5) \quad \Sigma |\Delta x|/h < 0.05 \quad (y = y_{ec})$$

ただし $\Delta x$ は上記非球面の基準球面からの変位量、 $h$ は最大像高、 $y$ は光軸からの高さ、 $y_{ec}$ はこの面におけるワイド端での最大画角の主光線高である。

条件(5)は、第2レンズ群、第3レンズ群中に用いた非球面の非球面量を規定したもので、この条件(5)の範囲を超えると球面収差が補正過剰になり、つまり符号が逆の球面収差が発生することになり好ましくない。

更に第4レンズ群中に少なくとも1枚、下記条件(6)を満足する非球面を用いれば球面収差、コマ収差を補正する上で有効である。又ここで用いる非球面は光軸から離れるにしたがって正の屈折

力が好都合であり、屈折率分布型レンズでは屈折率差がつきすぎる場合には非球面レンズを用いる方が好都合である。

次に本発明の変倍レンズの基本構成を最も収差補正の困難である全長、絞り、Fナンバーが固定された4群ズームレンズにする点に関して説明する。

本発明のズームレンズは、広角化を達成するために従来の負、正の2群ズームレンズを基本とするもので、第1レンズ群の負のパワー、第2レンズ群から第4レンズ群までを全体として正のパワーとしている。

一般にズームレンズを使用する場合、変倍中レンズ系の全長が変化しない方が操作しやすく、又Fナンバーは変化しない方がユーザーのニーズとして高い。一方メーカーとしては、コストを下げるために変倍の際に絞りが常時固定であることが望ましい。

上記のような4群構成のズームレンズでこれら要求を満足させるためには、第1レンズ群と、絞

りと、第4レンズ群が変倍に際して常時固定であることが必要である。

第1レンズ群を固定するためには、第41図に示すように第2レンズ群から第4レンズ群は全体として第1レンズ群により形成された虚像1を物点と像点の距離を一定にしてリレーする構成にすればよい。更に絞りと、第4レンズ群を常時固定にしたまま大きな変倍比を得るためには、第2レンズ群と第3レンズ群変倍の際に移動させ又それらの群のパワーを強くする必要がある。

第2レンズ群から第4レンズ群までの全体の系の結像倍率の絶対値は、ワイド側で小さくテレ側で大きくなるため、第2レンズ群から第4レンズ群全系の主点は、ワイド側からテレ側へ行くにしたがって、前方へ移動する。ところが第2レンズ群から第4レンズ群全系統中で絞りは第4レンズ群付近に固定されているため、テレ側で第2レンズ群から第4レンズ群全系の主点に対し絞りが大きく後方に離れる構成になる。そのためテレ側の入射瞳が遠くなり、テレ側の軸外光線の光線高が高

くなって軸外収差の補正が困難になる。その上第2レンズ群から第4レンズ群全系の主点が前によるためにFナンバーを一定にするとテレ側でのマージナル光線の光線高が高くなり、さらにテレ側での収差補正が難しくなる。そのために本発明のようなレンズタイプでテレ側の入射瞳を遠ざけることなしに、言い換えればテレ側の収差を悪化させることなく変倍比を大きくするためには、第2レンズ群と第3レンズ群のパワーを強くするか、変倍の際の移動量を大きくしなければならない。しかし変倍の際の移動量を大きくするとそれだけテレ側の入射瞳が遠くなり、又パワーを強くすると収差の発生量が大きくなってレンズ枚数を増やさなければこれを補正出来なくなる。そして第2レンズ群、第3レンズ群の厚みが増して結果としてテレ側での入射瞳が遠くなってしまい収差補正が難しくなる。

以上、収差補正の最も難しい全長、絞り、Fナンバーを固定した4群構成のズームレンズについて説明したが、4群ズームレンズであっても全長

可変即ち第2、第3レンズ群に加えて第1、第4<sup>レンズ</sup>群を可変とし更には絞り位置を移動可能にすればそれだけ収差補正の自由度が増しより良好な収差補正を行なうことが出来る。

次に全長が固定の場合だけでなく、全長、絞り、Fナンバーが可変である場合も含めて、先に述べたような理由により発生しやすい収差をより一層良好に補正するためには次の条件(7)、(8)を満足することが好ましい。

$$(7) \quad -0.6 < \beta_o < -0.2$$

$$(8) \quad 0 < f_o/f_e < 0.5$$

ここで、 $\beta_o$ は第1レンズ群より像側にあるレンズ群全系のワイド端での結像倍率、 $f_o$ はワイド端での全系の焦点距離、 $f_e$ は第4レンズ群の焦点距離である。

条件(7)の下限を越えるとテレ側における第1レンズ群より像側にあるレンズ群の全系での結像倍率が負の大きな値になり、テレ側で第1レンズ群より像側にあるレンズ群の全系の主点が前方に寄る。そのため入射瞳が遠くなりすぎてテレ側で

の軸外収差が悪化するので好ましくない。条件(7)の上限を越えるとそれに伴って第1レンズ群の負のパワーが大きくなり第1レンズ群で発生する収差、特にワイド側での負の至曲収差が補正しきれなくなり好ましくない。

条件(8)は、第4レンズ群のパワーを規定したもので、下限を越えるとテレ側において第2、第3レンズ群でのマージナル光線の光線高が高くなりすぎてテレ側での収差補正が難しくなるので好ましくない。条件(8)の上限を越えると第4レンズ群のパワーが強くなり過ぎて、そのレンズ群で発生する収差が大きくなりその補正が困難になる。

又本発明のような光学系においては、レンズ最終面と像面との間に光学的ローパスフィルター等の光学部材を配置する必要があるので、レンズ系のバックフォーカスを十分とらなければならない。そのためには、レンズ系の後側主点位置を出来るだけ像側に近づける必要がある。そこで本発明においては絞りの後側のレンズを絞りに凹面を



むけたメニスカスレンズにすることによって軸外収差への影響を小さくしたまま、レンズ系のバックフォーカスを十分とることを可能にした。このメニスカスレンズは、全体の形状がメニスカス状である接合レンズも含んでいる。

このメニスカスレンズの形状の形状は、次の条件(9)を満足することが望ましい。

$$(9) \quad 0.1 < r_1/r_2 < 2.0$$

ただし $r_1$ および $r_2$ は夫々メニスカスレンズの物体側および像側の面の曲率半径である。

条件(9)の下限を越えると、このメニスカスレンズにおいて近軸光線の光線高を高くすることが出来ず、十分なバックフォーカスを与えることが出来なくなる。また条件(9)の上限を越えると絞りに対する非対称性が顕れ軸外収差が悪化するばかりか球面収差が補正不足になり好ましくない。

本発明のレンズ系は、レンズ系全体又は第1レンズ群のみを繰り出してフォーカシングを行なうことが出来るのは勿論であるが、最も像側のレンズ群の全体またはその一部を繰り出すことによっ

てもフォーカシングを行なうことができる。

一般に第1レンズ群を繰り出してフォーカシングを行なう場合、変倍してもフォーカシングの際の繰り出し量が変わらない特徴がある。しかし繰り出すレンズが重いことや繰り出した時に光線がけられやすい欠点がある。

一方第4レンズ群によりフォーカシングを行なう場合、繰り出すレンズが軽くフォーカシングの際の負荷が小さいという特徴があり、オートフォーカスにおける合焦速度を速めるためには有効である。

#### 【実施例】

次に本発明の変倍レンズの各実施例を示す。

##### 実施例1

$$f = 7\text{mm} \sim 21\text{mm} \quad F/2.8$$

$$\text{最大像高} \quad 4\text{mm} \quad 2\omega = 60.3^\circ \sim 20.8^\circ$$

$$r_1 = 46.9906$$

$$d_1 = 6.0000 \quad n_1 = 1.72825 \quad \nu_1 = 28.46$$

$$r_2 = -39.4736$$

$$d_2 = 1.3540 \quad \text{屈折率分布型レンズ1}$$

$$r_{12} = -6.2173$$

$$f \quad 7 \quad 12 \quad 21$$

$$D_1 \quad 33.114 \quad 7.504 \quad 6.093$$

$$D_2 \quad 0.800 \quad 14.558 \quad 1.000$$

$$D_3 \quad 1.000 \quad 12.852 \quad 27.822$$

##### 屈折率分布型レンズ1

$$\text{基準点} \quad x_0 = 0.3540$$

$$N_0 \quad N_1 \quad N_2$$

$$\text{d線} \quad 1.72916 \quad -0.70474 \times 10^{-3} \quad -0.20092 \times 10^{-3}$$

$$\text{C線} \quad 1.72510 \quad -0.70082 \times 10^{-3} \quad -0.19980 \times 10^{-3}$$

$$\text{F線} \quad 1.73844 \quad -0.71371 \times 10^{-3} \quad -0.20348 \times 10^{-3}$$

##### 屈折率分布型レンズ2

$$\text{基準点} \quad x_0 = 0$$

$$N_0 \quad N_1 \quad N_2$$

$$\text{d線} \quad 1.70000 \quad 0.67521 \times 10^{-3} \quad 0.51583 \times 10^{-3}$$

$$\text{C線} \quad 1.69527 \quad 0.67065 \times 10^{-3} \quad 0.51235 \times 10^{-3}$$

$$\text{F線} \quad 1.71111 \quad 0.68593 \times 10^{-3} \quad 0.52402 \times 10^{-3}$$

$$[N_{1,11} - f_w] = 0.0493 \quad [N_{1,11} - f_w] = 0.473$$

$$B_0 = -0.234 \quad f_w/f_1 = 0.411 \quad r_1/r_2 = 0.557$$

##### 実施例2

$$r_1 = 13.7635$$

$$d_1 = D_1 \quad (\text{可変})$$

$$r_2 = 22.9879$$

$$d_2 = 5.0000 \quad n_2 = 1.72916 \quad \nu_2 = 54.68$$

$$r_3 = -48.2345$$

$$d_3 = 1.0000 \quad n_3 = 1.80518 \quad \nu_3 = 25.43$$

$$r_4 = 35.3885$$

$$d_4 = D_4 \quad (\text{可変})$$

$$r_5 = 27.9698$$

$$d_5 = 3.0000 \quad n_5 = 1.67790 \quad \nu_5 = 55.33$$

$$r_6 = -48.0615$$

$$d_6 = D_6 \quad (\text{可変})$$

$$r_7 = \infty \quad (\text{絞り})$$

$$d_7 = 2.0000$$

$$r_{10} = -4.4701$$

$$d_{10} = 0.8166 \quad n_{10} = 1.78470 \quad \nu_{10} = 26.22$$

$$r_{11} = -8.0300$$

$$d_{11} = 0.7144$$

$$r_{12} = -26.0759$$

$$d_{12} = 1.5000 \quad \text{屈折率分布型レンズ2}$$

$f = 7\text{mm} \sim 21\text{mm}$  ,  $F/2.8$ 

 最大像高  $4\text{mm}$  ,  $2\omega = 60.0^\circ \sim 20.6^\circ$ 
 $r_1 = 63.6298$ 
 $d_1 = 6.0000$  ,  $n_1 = 1.72825$  ,  $\nu_1 = 28.46$ 
 $r_2 = -35.4513$ 
 $d_2 = 1.3540$  屈折率分布型レンズ 1

 $r_3 = 15.4008$ 
 $d_3 = D_1$  (可変)

 $r_4 = 32.0886$ 
 $d_4 = 5.0000$  ,  $n_4 = 1.72916$  ,  $\nu_4 = 54.68$ 
 $r_5 = -30.5394$ 
 $d_5 = 1.0000$  ,  $n_5 = 1.80518$  ,  $\nu_5 = 25.43$ 
 $r_6 = 58.6554$ 
 $d_6 = D_2$  (可変)

 $r_7 = 27.6425$ 
 $d_7 = 5.0000$  ,  $n_7 = 1.67790$  ,  $\nu_7 = 55.33$ 
 $r_8 = -51.1308$ 
 $d_8 = D_3$  (可変)

 $r_9 = 10.3960$ 
 $d_9 = 1.0000$  ,  $n_9 = 1.68893$  ,  $\nu_9 = 31.08$ 
 $F$  線  $1.73844$   $-0.77756 \times 10^{-3}$   $-0.18236 \times 10^{-3}$ 

屈折率分布型レンズ 2

 基準点  $x_0 = 0$ 

	$N_0$	$N_1$	$N_2$
D 線	1.70000	$0.73665 \times 10^{-3}$	$0.52192 \times 10^{-3}$
C 線	1.69527	$0.73167 \times 10^{-3}$	$0.51839 \times 10^{-3}$
F 線	1.71111	$0.74834 \times 10^{-3}$	$0.53020 \times 10^{-3}$

 $|N_{1,0} - f_w| = 0.0537$  ,  $|N_{2,0} - f_w| = 0.516$ 
 $\beta_w = -0.231$  ,  $f_w/f_s = 0.412$  ,  $r_9/r_8 = 0.539$ 

実施例 3

 $f = 7\text{mm} \sim 21\text{mm}$  ,  $F/2.8$ 

 最大像高  $4.0\text{mm}$  ,  $2\omega = 60.2^\circ \sim 20.8^\circ$ 
 $r_1 = 46.3769$ 
 $d_1 = 6.0000$  ,  $n_1 = 1.72825$  ,  $\nu_1 = 28.46$ 
 $r_2 = -37.6428$ 
 $d_2 = 1.3540$  屈折率分布型レンズ

 $r_3 = 13.7178$ 
 $d_3 = D_1$  (可変)

 $r_4 = 22.0362$ 
 $d_4 = 5.0000$  ,  $n_4 = 1.72916$  ,  $\nu_4 = 54.68$ 
 $r_{10} = 11.9584$ 
 $d_{10} = 1.0000$ 
 $r_{11} = \infty$  (絞り)

 $d_{11} = 2.0000$ 
 $r_{12} = -4.4818$ 
 $d_{12} = 0.8166$  ,  $n_7 = 1.78470$  ,  $\nu_7 = 26.22$ 
 $r_{13} = -8.3167$ 
 $d_{13} = 0.7144$ 
 $r_{14} = -17.9282$ 
 $d_{14} = 1.5000$  屈折率分布型レンズ 2

 $r_{15} = -5.8801$ 

	7	12	21
$D_1$	34.115	4.020	5.674
$D_2$	0.800	18.300	1.000
$D_3$	1.000	13.595	29.041

屈折率分布型レンズ 1

 基準点  $x_0 = 0.3540$ 

	$N_0$	$N_1$	$N_2$
D 線	1.72916	$-0.76779 \times 10^{-3}$	$-0.18006 \times 10^{-3}$
C 線	1.72510	$-0.76352 \times 10^{-3}$	$-0.17906 \times 10^{-3}$

 $r_9 = -45.7386$ 
 $d_9 = 1.0000$  ,  $n_9 = 1.80518$  ,  $\nu_9 = 25.43$ 
 $r_{10} = 35.8557$ 
 $d_{10} = D_2$  (可変)

 $r_{11} = 28.1778$ 
 $d_{11} = 3.0000$  ,  $n_7 = 1.67790$  ,  $\nu_7 = 55.33$ 
 $r_{12} = -51.7728$ 
 $d_{12} = D_3$  (可変)

 $r_{13} = \infty$  (絞り)

 $d_{13} = 2.0000$ 
 $r_{14} = -4.2722$ 
 $d_{14} = 0.8166$  ,  $n_7 = 1.78470$  ,  $\nu_7 = 26.22$ 
 $r_{15} = -11.1936$ 
 $d_{15} = 0.7144$ 
 $r_{16} = -104.6367$ 
 $d_{16} = 1.9000$  ,  $n_7 = 1.78590$  ,  $\nu_7 = 44.18$ 
 $r_{17} = -5.6656$  (非球面)

非球面係数

 $P = 1.0000$  ,  $A_4 = 0.41399 \times 10^{-3}$ 
 $A_6 = 0.17776 \times 10^{-4}$  ,  $A_8 = -0.13851 \times 10^{-6}$

f	7	12	21
D <sub>1</sub>	32.573	9.796	5.841
D <sub>2</sub>	0.800	12.191	1.000
D <sub>3</sub>	1.000	12.386	27.532

## 屈折率分布型レンズ

基準点  $x_0 = 0.3540$ 

	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>
d線	1.72916	$-0.70474 \times 10^{-2}$	$-0.20092 \times 10^{-2}$
C線	1.72510	$-0.70082 \times 10^{-2}$	$-0.19980 \times 10^{-2}$
F線	1.73844	$-0.71371 \times 10^{-2}$	$-0.20348 \times 10^{-2}$

 $|N_{1,2,3} - f_w| = 0.0493$  $\Sigma |\delta x|/h = 0.00746$  (第4レンズ群) $B_w = -0.233$ ,  $f_w/f_s = 0.433$ ,  $r_s/r_w = 0.382$ 

## 実施例4

 $f = 7\text{mm} \sim 21\text{mm}$ ,  $F/2.8$ 最大像高  $4.0\text{mm}$ ,  $2\omega = 60.1^\circ \sim 20.7^\circ$  $r_1 = 45.4107$  $d_1 = 6.0000$ ,  $n_1 = 1.72825$ ,  $\nu_1 = 28.46$  $r_2 = -38.1429$  $d_2 = 1.3540$  屈折率分布型レンズ $r_{1,2} = -5.6801$  (非球面)

非球面係数

(第7面)

 $P = 1.000$ ,  $A_s = -0.48707 \times 10^{-4}$  $A_6 = 0.21028 \times 10^{-4}$ ,  $A_8 = -0.20524 \times 10^{-4}$ 

(第13面)

 $P = 1.000$ ,  $A_s = 0.40580 \times 10^{-4}$  $A_6 = 0.18535 \times 10^{-4}$ ,  $A_8 = 0.13378 \times 10^{-4}$ 

f	7	12	21
D <sub>1</sub>	32.953	9.582	6.053
D <sub>2</sub>	0.800	12.600	1.000
D <sub>3</sub>	1.000	12.571	27.701

## 屈折率分布型レンズ

基準点  $x_0 = 1$ 

	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>
d線	1.72916	$-0.70474 \times 10^{-2}$	$-0.20092 \times 10^{-2}$
C線	1.72510	$-0.70082 \times 10^{-2}$	$-0.19980 \times 10^{-2}$
F線	1.73844	$-0.71371 \times 10^{-2}$	$-0.20348 \times 10^{-2}$

 $|N_{1,2,3} - f_w| = 0.0493$  $\Sigma |\delta x|/h = 0.00918$  (第3レンズ群) $r_1 = 13.6862$  $d_1 = 0$  (可変) $r_2 = 20.0152$  $d_2 = 5.0000$ ,  $n_2 = 1.72916$ ,  $\nu_2 = 54.68$  $r_3 = -61.2722$  $d_3 = 1.0000$ ,  $n_3 = 1.80518$ ,  $\nu_3 = 25.43$  $r_4 = 29.7032$  $d_4 = 0$  (可変) $r_5 = 30.1905$  (非球面) $d_5 = 3.0000$ ,  $n_5 = 1.67790$ ,  $\nu_5 = 55.33$  $r_6 = -45.0497$  $d_6 = 0$  (可変) $r_7 = \infty$  (絞り) $d_7 = 2.0000$  $r_{1,0} = -4.3103$  $d_{1,0} = 0.8166$ ,  $n_{1,0} = 1.78470$ ,  $\nu_{1,0} = 26.22$  $r_{1,1} = -10.9014$  $d_{1,1} = 0.7144$  $r_{1,2} = -87.0369$  $d_{1,2} = 1.9000$ ,  $n_{1,2} = 1.78590$ ,  $\nu_{1,2} = 44.18$  $\Sigma |\delta x|/h = 0.00690$  (第4レンズ群) $B_w = -0.231$ ,  $f_w/f_s = 0.438$ ,  $r_s/r_w = 0.395$ 

## 実施例5

 $f = 7\text{mm} \sim 21\text{mm}$ ,  $F/2.8$ 最大像高  $4.0\text{mm}$ ,  $2\omega = 61.4^\circ \sim 21.6^\circ$  $r_1 = 45.2313$  (非球面) $d_1 = 6.0000$ ,  $n_1 = 1.72825$ ,  $\nu_1 = 28.46$  $r_2 = -32.1770$  $d_2 = 1.3540$ ,  $n_2 = 1.72916$ ,  $\nu_2 = 54.68$  $r_3 = 12.6990$  $d_3 = 0$  (可変) $r_4 = 26.1911$  $d_4 = 4.0000$ ,  $n_4 = 1.72916$ ,  $\nu_4 = 54.68$  $r_5 = -22.6847$  $d_5 = 1.0000$  屈折率分布型レンズ $r_6 = 56.6806$  $d_6 = 0$  (可変) $r_7 = 30.6945$  $d_7 = 3.0000$ ,  $n_7 = 1.67790$ ,  $\nu_7 = 55.33$  $r_8 = -55.1529$

$d_0 = D_0$  (可変)  
 $r_0 = \infty$  (絞り)  
 $d_0 = 1.5000$   
 $r_{10} = -4.7694$   
 $d_{10} = 0.8166$     $n_0 = 1.78470$     $\nu_0 = 26.22$   
 $r_{11} = -6.5193$   
 $d_{11} = 0.7144$   
 $r_{12} = -36.6465$   
 $d_{12} = 1.5000$     $n_1 = 1.78590$     $\nu_1 = 44.18$   
 $r_{13} = -8.6012$

非球面係数

$P = 1.0000$     $A_0 = 0.76357 \times 10^{-4}$   
 $A_0 = 0.17235 \times 10^{-7}$     $A_0 = -0.54672 \times 10^{-10}$   

f	7	12	21
$D_1$	35.671	14.997	8.933
$D_2$	0.800	10.511	1.000
$D_3$	1.000	11.963	27.539

屈折率分布型レンズ

基準点  $x_0 = 0$ 

$N_0$     $N_1$     $N_2$   
 $r_0 = -22.6014$   
 $d_0 = 1.0000$     $n_0 = 1.80518$     $\nu_0 = 25.43$   
 $r_0 = -202.3434$   
 $d_0 = D_0$  (可変)  
 $r_0 = 56.8220$   
 $d_0 = 3.0000$    屈折率分布型レンズ  
 $r_0 = -35.3656$   
 $d_0 = D_0$  (可変)  
 $r_0 = \infty$  (絞り)  
 $d_0 = 1.5000$   
 $r_{10} = -5.1585$   
 $d_{10} = 0.8166$     $n_0 = 1.78470$     $\nu_0 = 26.22$   
 $r_{11} = -14.0411$   
 $d_{11} = 0.7144$   
 $r_{12} = -27.4174$   
 $d_{12} = 1.5000$     $n_1 = 1.78590$     $\nu_1 = 44.18$   
 $r_{13} = -6.0706$  (非球面)

非球面係数

(第1面)

$P = 1.0000$     $A_0 = -0.49075 \times 10^{-7}$

$d$  線  $1.80518$     $-0.62920 \times 10^{-1}$     $-0.11847 \times 10^{-1}$   
 $C$  線  $1.79610$     $-0.62920 \times 10^{-1}$     $-0.10311 \times 10^{-1}$   
 $F$  線  $1.82776$     $-0.62920 \times 10^{-1}$     $-0.15665 \times 10^{-1}$   
 $N_2$

$d$  線  $-0.26885 \times 10^{-2}$   
 $C$  線  $-0.25023 \times 10^{-2}$   
 $F$  線  $-0.31517 \times 10^{-2}$

 $\Sigma |dx|/h = 0.0702$  (第1レンズ群) $B_w = -0.264$     $f_w/f_s = 0.319$     $r_s/r_0 = 0.732$ 

実施例 6

 $f = 7mm \sim 21mm$     $F/2.8$ 最大像高  $4.0mm$     $2\omega = 61.2^\circ \sim 21.0^\circ$  $r_0 = 119.3354$  (非球面)

$d_0 = 5.0000$     $n_0 = 1.72825$     $\nu_0 = 28.46$   
 $r_0 = -23.5106$   
 $d_0 = 1.3540$     $n_0 = 1.72916$     $\nu_0 = 54.68$   
 $r_0 = 13.3524$

 $d_0 = D_0$  (可変) $r_0 = 36.0981$  $d_0 = 4.0000$     $n_0 = 1.72916$     $\nu_0 = 54.68$ 

$A_0 = 0.14549 \times 10^{-4}$     $A_0 = -0.45073 \times 10^{-8}$   
(第13面)

$P = 1.0000$     $A_0 = 0.31357 \times 10^{-4}$   
 $A_0 = 0.49270 \times 10^{-8}$     $A_0 = 0.26890 \times 10^{-10}$

f	7	12	21
$D_1$	33.425	17.440	9.185
$D_2$	0.800	7.608	1.000
$D_3$	1.000	10.176	25.040

屈折率分布型レンズ

基準点  $x_0 = 1.8$ 

$N_0$     $N_1$     $N_2$   
 $d$  線  $1.67790$     $0.45648 \times 10^{-2}$     $-0.19451 \times 10^{-2}$   
 $C$  線  $1.67418$     $0.45648 \times 10^{-2}$     $-0.19344 \times 10^{-2}$   
 $F$  線  $1.68643$     $0.45648 \times 10^{-2}$     $-0.19696 \times 10^{-2}$

 $|N_1(r_1) - f_w| = 0.0320$  $\Sigma |dx|/h = 0.0343$  (第1レンズ群) $\Sigma |dx|/h = 0.0151$  (第4レンズ群) $B_w = -0.331$     $f_w/f_s = 0.250$     $r_s/r_0 = 0.367$ 

実施例 7

 $f = 7mm \sim 21mm$     $F/2.8$

最大像高 4.0mm,  $2\omega = 61.6^\circ \sim 21.6^\circ$   
 $r_1 = 64.9412$  (非球面)  
 $d_1 = 5.0000$   $n_1 = 1.72825$   $\nu_1 = 28.46$   
 $r_2 = -30.3723$   
 $d_2 = 1.3540$   $n_2 = 1.72916$   $\nu_2 = 54.68$   
 $r_3 = 14.5954$   
 $d_3 = D_1$  (可変)  
 $r_4 = 27.8206$   
 $d_4 = 4.0000$   $n_1 = 1.72916$   $\nu_1 = 54.68$   
 $r_5 = -30.7390$   
 $d_5 = 1.0000$   $n_2 = 1.80518$   $\nu_2 = 25.43$   
 $r_6 = 74.0377$   
 $d_6 = D_2$  (可変)  
 $r_7 = 31.4645$   
 $d_7 = 3.0000$   $n_3 = 1.67790$   $\nu_3 = 55.33$   
 $r_8 = -72.9945$   
 $d_8 = D_3$  (可変)  
 $r_9 = \infty$  (絞り)  
 $d_9 = 1.5000$   
 $r_{10} = -5.1665$

$\Sigma |dk|/h = 0.0547$  (第1レンズ群)

$\beta_0 = -0.257$ ,  $f_0/f_1 = 0.816$ ,  $r_9/r_8 = 0.700$

実施例 8

$f = 6\text{mm} \sim 24\text{mm}$ ,  $F/2.8$

最大像高 4.0mm,  $2\omega = 68.8^\circ \sim 18.2^\circ$

$r_1 = 200.0000$   
 $d_1 = 1.2000$   $n_1 = 1.67790$   $\nu_1 = 58.72$   
 $r_2 = 14.4634$  (非球面)  
 $d_2 = 2.6000$   
 $r_3 = 30.7415$   
 $d_3 = 5.6000$   $n_2 = 1.80518$   $\nu_2 = 25.43$   
 $r_4 = -26.8672$   
 $d_4 = 1.2000$  屈折率分布型レンズ  
 $r_5 = 22.1495$   
 $d_5 = D_1$  (可変)  
 $r_6 = 25.0456$   
 $d_6 = 6.8000$   $n_1 = 1.72916$   $\nu_1 = 54.68$   
 $r_7 = -12.1347$   
 $d_7 = 1.0000$   $n_2 = 1.80518$   $\nu_2 = 25.43$   
 $r_8 = -99.6964$

$d_{10} = 0.8166$   $n_1 = 1.78470$   $\nu_1 = 26.22$   
 $r_{11} = -7.4061$   
 $d_{11} = 0.7144$   
 $r_{12} = -36.9740$   
 $d_{12} = 1.5000$  屈折率分布型レンズ  
 $r_{13} = -8.7238$

非球面係数

$P = 1.0000$ ,  $A_1 = 0.83099 \times 10^{-4}$

$A_2 = 0.88654 \times 10^{-4}$ ,  $A_3 = -0.56282 \times 10^{-4}$

f	7	12	21
$D_1$	37.657	17.243	9.643
$D_2$	0.800	9.981	1.000
$D_3$	1.000	12.233	28.815

屈折率分布型レンズ

基準点  $x_0 = 0$

	$N_1$	$N_2$	$N_3$
d線	1.75000	$0.51935 \times 10^{-1}$	$-0.11741 \times 10^{-1}$
C線	1.74493	$0.51671 \times 10^{-1}$	$-0.11575 \times 10^{-1}$
F線	1.76191	$0.52556 \times 10^{-1}$	$-0.12130 \times 10^{-1}$

$|N_{11} + f_{11}| = 0.364$

$d_9 = D_2$  (可変)  
 $r_9 = 25.5501$   
 $d_{10} = 4.5000$   $n_1 = 1.72916$   $\nu_1 = 54.68$   
 $r_{10} = -513.8671$   
 $d_{11} = 2.0000$   $n_2 = 1.80518$   $\nu_2 = 25.43$   
 $r_{11} = -94.1939$   
 $d_{12} = D_3$  (可変)  
 $r_{12} = \infty$  (絞り)  
 $d_{13} = 2.0000$   
 $r_{13} = -4.7723$   
 $d_{14} = 1.0000$   $n_3 = 1.72342$   $\nu_3 = 37.95$   
 $r_{14} = 27.7170$   
 $d_{15} = 1.8079$   $n_1 = 1.72916$   $\nu_1 = 54.68$   
 $r_{15} = -4.9528$  (非球面)  
 非球面係数  
 (第2面)  
 $P = 1.0000$ ,  $A_1 = -0.30782 \times 10^{-4}$   
 $A_2 = -0.10420 \times 10^{-4}$   
 (第15面)  
 $P = 1.0000$ ,  $A_1 = 0.41922 \times 10^{-4}$

$$A_s = 0.33437 \times 10^{-4}$$

f	6	12	24
D <sub>1</sub>	33.081	12.269	1.768
D <sub>2</sub>	1.000	3.000	1.000
D <sub>3</sub>	1.000	7.337	20.139

屈折率分布型レンズ

基準点  $x_s = 1$ 

	$N_s$	$N_1$	$N_2$
d線	1.77250	$-0.11294 \times 10^{-2}$	$-0.13660 \times 10^{-2}$
C線	1.76780	$-0.11294 \times 10^{-2}$	$-0.13577 \times 10^{-2}$
F線	1.78336	$-0.11294 \times 10^{-2}$	$-0.13852 \times 10^{-2}$
$ N_{s(1)} - f_s  = 0.00791$			

 $\Sigma |dx|/h = 0.0904$  (第1レンズ群) $\Sigma |dx|/h = 0.00548$  (第4レンズ群) $D_s = -0.320$ ,  $f_s/f_1 = 0.193$ ,  $r_s/r_1 = 0.964$ 

実施例9

 $f = 6\text{mm} \sim 18\text{mm}$ ,  $F/2.8$ 最大像高 4.0mm,  $2\omega = 69.0^\circ \sim 24.4^\circ$  $r_1 = 45.1995$  (非球面) $d_1 = 5.0000$ ,  $n_1 = 1.72825$ ,  $\nu_1 = 28.46$  $r_{1s} = -31.5541$  $d_{1s} = 1.5000$  屈折率分布型レンズ $r_{1s} = -9.6134$ 

非球面係数

 $P = 1.0000$ ,  $A_s = 0.16853 \times 10^{-4}$  $A_s = 0.11041 \times 10^{-4}$ ,  $A_s = 0.19056 \times 10^{-4}$ 

f	6	11	18
D <sub>1</sub>	36.361	12.290	8.715
D <sub>2</sub>	0.800	15.308	1.000
D <sub>3</sub>	1.000	9.565	19.590
D <sub>4</sub>	3.187	1.580	1.667

屈折率分布型レンズ

基準点  $x_s = 0$ 

	$N_s$	$N_1$	$N_2$
d線	1.70000	$0.50000 \times 10^{-2}$	$-0.80000 \times 10^{-2}$
C線	1.69527	$0.49963 \times 10^{-2}$	$-0.78805 \times 10^{-2}$
F線	1.71111	$0.50088 \times 10^{-2}$	$-0.82805 \times 10^{-2}$
$ N_{s(1)} - f_s  = 0.301$			

 $\Sigma |dx|/h = 0.154$  (第1レンズ群) $D_s = -0.292$ ,  $f_s/f_1 = 0.219$ ,  $r_s/r_1 = 0.778$ 

実施例10

$$r_s = -56.3813$$

 $d_s = 1.3540$ ,  $n_s = 1.72916$ ,  $\nu_s = 54.68$  $r_s = 10.5860$  $d_s = 0$  (可変) $r_s = 23.7412$  $d_s = 4.0880$ ,  $n_s = 1.72916$ ,  $\nu_s = 54.68$  $r_s = -28.1459$  $d_s = 1.0000$ ,  $n_s = 1.80518$ ,  $\nu_s = 25.43$  $r_s = 95.2617$  $d_s = 0$  (可変) $r_s = 48.6287$  $d_s = 3.0000$ ,  $n_s = 1.67790$ ,  $\nu_s = 55.33$  $r_s = -29.3623$  $d_s = 0$  (可変) $r_s = \infty$  (絞り) $d_s = 0$  (可変) $r_{1s} = -5.3962$  $d_{1s} = 0.8166$ ,  $n_s = 1.78470$ ,  $\nu_s = 26.22$  $r_{1s} = -6.9328$  $d_{1s} = 0.7144$  $f = 6\text{mm} \sim 18\text{mm}$ ,  $F/2.8$ 最大像高 4.0mm,  $2\omega = 68.3^\circ \sim 24.4^\circ$  $r_1 = 46.8232$  (非球面) $d_1 = 5.0000$ ,  $n_1 = 1.72825$ ,  $\nu_1 = 28.46$  $r_{1s} = -45.6696$  $d_{1s} = 1.3540$ ,  $n_s = 1.72916$ ,  $\nu_s = 54.68$  $r_{1s} = 9.6789$  $d_{1s} = 0$  (可変) $r_{1s} = 26.1667$  $d_{1s} = 4.0000$ ,  $n_s = 1.72916$ ,  $\nu_s = 54.68$  $r_{1s} = -24.6812$  $d_{1s} = 1.0000$ ,  $n_s = 1.80518$ ,  $\nu_s = 25.43$  $r_{1s} = 196.1382$  $d_{1s} = 0$  (可変) $r_{1s} = 41.2393$  $d_{1s} = 3.0000$ ,  $n_s = 1.67790$ ,  $\nu_s = 55.33$  $r_{1s} = -25.0810$  $d_{1s} = 0$  (可変) $r_{1s} = \infty$  (絞り) $d_{1s} = 0$  (可変)

$$\begin{aligned}
 r_{1,0} &= -5.7850 \\
 d_{1,0} &= 0.8166 \quad n_1 = 1.78470 \quad \nu_1 = 26.22 \\
 r_{1,1} &= -8.9533 \\
 d_{1,1} &= 0.7144 \\
 r_{1,2} &= -20.5891 \\
 d_{1,2} &= 1.5000 \quad n_2 = 1.78590 \quad \nu_2 = 44.18 \\
 r_{1,3} &= -7.7818 \quad (\text{非球面})
 \end{aligned}$$

非球面係数

(第1面)

$$\begin{aligned}
 P &= 1.0000 \quad A_1 = 0.20863 \times 10^{-4} \\
 A_2 &= 0.28936 \times 10^{-7} \quad A_3 = -0.39525 \times 10^{-10}
 \end{aligned}$$

(第13面)

$$\begin{aligned}
 P &= 1.0000 \quad A_4 = 0.12919 \times 10^{-3} \\
 A_5 &= -0.11835 \times 10^{-6} \quad A_6 = 0.20066 \times 10^{-9}
 \end{aligned}$$

F	6	11	18
D <sub>1</sub>	33.926	12.562	8.510
D <sub>2</sub>	0.800	11.082	1.000
D <sub>3</sub>	1.000	8.380	17.391
D <sub>4</sub>	3.351	1.502	1.925

$$\Sigma |dx|/h = 0.140 \quad (\text{第1レンズ群})$$

この実施例1のワイド、中間焦点距離、テレにおける収差状況は夫々第11図、第12図、第13図に示す通りである。

実施例2は、第2図に示す通りの負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。実施例1と同様に第1レンズ群の最も像側のレンズが像側部分に条件(1)を満足する屈折率分布を有する屈折率分布型レンズで、これによりワイド側の歪曲収差等を補正している。このレンズ群では、軸外光線高が高くレンズの口径が大であり、又非球面を用いることが容易でなく屈折率分布型レンズが有効である。また第4レンズ群の最も像側のレンズに条件(3)を満足する屈折率分布型レンズを用いてワイド端での球面収差、非点収差、コマ収差を良好に補正している。この実施例は、全長、絞り位置、Fナンバーが固定であり、また第4レンズ群の絞りの前に1枚のレンズを有している。

実施例2のワイド端、中間焦点距離、テレ端における収差状況は、第14図、第15図、第16図に示す通りである。

$$\Sigma |dx|/h = 0.00138 \quad (\text{第4レンズ群})$$

$$\beta_w = -0.333, \quad f_w/f_t = 0.199, \quad r_1/r_2 = 0.646$$

ただし  $r_1, r_2, \dots$  はレンズ各面の曲率半径、 $d_1, d_2, \dots$  は各レンズの肉厚および空気間隔、 $n_1, n_2, \dots$  は各レンズの屈折率、 $\nu_1, \nu_2, \dots$  は各レンズのアッペ数である。

実施例1は、第1図に示す通りの負、正、正、正の4群構成で、第1レンズ群の最も像側のレンズがその像側部分に条件(1)を満足する屈折率分布をもつ屈折率分布型レンズで、このレンズによりワイド側の歪曲収差等を補正している。このレンズ群では軸外光線の光線高が高いために、レンズの口径が大になり、又非球面を使うことが容易でなく、これに屈折率分布型レンズを用いることが有効である。またこの実施例では第4レンズ群の最も像側のレンズに条件(3)を満足する屈折率分布型レンズを用いており、これによってワイド端の球面収差、非点収差、コマ収差を良好に補正している。この実施例は全長、絞り位置、Fナンバーが固定である。

実施例3は、第3図に示す通りの負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。第1レンズ群の最も像側のレンズが像側部分に条件(1)を満足する屈折率分布をもつ屈折率分布型レンズであって、ワイド側での歪曲収差等を補正している。又第13面(最も像側の面)を条件(6)を満足する非球面にしてワイド端からテレ端の球面収差等を補正している。第4レンズ群に屈折率分布型レンズを用いて十分な収差補正を行なおうとすると、屈折率の分布が付きすぎる傾向になるので、屈折率分布型レンズと非球面レンズとを使いわけが必要がある。この実施例は、屈折率分布型レンズの代わりに非球面を用いても収差補正が可能であることを示した例である。又この実施例も全長、絞り位置、Fナンバーは固定である。

実施例4は、第4図に示すように負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。第1レンズ群の最も像側のレンズが像側部分に条件(1)を満足する屈折率分布を有する屈折率分布型レンズでワイド側での歪曲収差等を補正している。又第7面

( $r_1$ )を条件(5)を満足する非球面にしてテレ端での球面収差を補正し、更に13面(最終面 $r_{13}$ )を条件(6)を満足する非球面としてワイド端からテレ端の球面収差等を補正している。この実施例も全長、絞り位置、Fナンバーは固定である。

この実施例4のワイド端、中間焦点距離、テレ端における収差状況は夫々第20図、第21図、第22図に示す通りである。

実施例5は、第5図のように負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。この実施例は、第2レンズ群の最も像側のレンズが屈折率分布を像側にもつ屈折率分布型レンズで、テレ側での歪曲収差等を補正している。また第1面( $r_1$ )を条件(4)を満足する非球面としてワイド側での歪曲収差等を補正している。この実施例も全長、絞り位置、Fナンバーが固定である。

実施例5のワイド、中間焦点距離、テレにおける収差状況は、夫々第23図、第24図、第25図に示す通りである。

実施例6は、第6図のように負、正、正、正の

おける収差状況は、夫々第29図、第30図、第31図に示す通りである。

実施例8は、第8図に示すような負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。第1レンズ群の最も像側のレンズが、実施例1と同様の条件(1)を満足する屈折率分布をその像側部分に持つ屈折率分布型レンズである。又第2面に条件(4)を満足する非球面を用いている。更に第15面(最終面 $r_{15}$ )を条件(6)を満足する非球面としてワイド端からテレ端の球面収差を補正している。この実施例は、絞り位置とFナンバーは固定であるが第1レンズ群は固定ではなく、したがって変倍時にレンズ系の全長は変化する。変倍時に全長を可変にしたことにより収差補正の自由度が増し収差がより良好に補正されたレンズ系になし得た。

この実施例8のワイド、中間焦点距離、テレにおける収差状況は、夫々第32図、第33図、第34図に示す通りである。

実施例9は、第9図に示すような負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。第4レンズ群の

4群構成のレンズ系である。この実施例は、第3レンズ群の最も像側のレンズが条件(2)を満足する屈折率分布を像側に持つ屈折率分布型レンズである。又第1面( $r_1$ )が条件(4)を満足する非球面である。更に第13面(最終面 $r_{13}$ )を条件(6)を満足する非球面にしてワイド端からテレ端の球面収差等を補正している。この実施例も全長、絞り位置、Fナンバーが固定である。

この実施例6のワイド、中間焦点距離、テレにおける収差状況は、第26図、第27図、第28図に示す通りである。

実施例7は、第7図に示す通りの負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。第4レンズ群の最も像側のレンズが条件(3)を満足する屈折率分布を持つ屈折率分布型レンズで、実施例1と同様にこれによってワイド側の非点収差を良好に補正している。更に第1面( $r_1$ )を条件(4)を満足する非球面にして、この実施例も全長、絞り位置、Fナンバーが固定である。

この実施例7のワイド、中間焦点距離、テレに

最も像側のレンズが、条件(3)を満足する屈折率分布を有する屈折率分布型レンズで、実施例1と同様ワイド側での非点収差を良好に補正している。また実施例3と同様に第1面( $r_1$ )に条件(4)を満足する非球面を用いている。この実施例では、実施例8のように第1レンズ群を可動とし更に第4レンズ群も可動にし、収差補正の自由度が一層増大し良好な収差補正を行なっている。この実施例は、変倍中絞りの径を変化させることによってFナンバーが変化しないようにしているが、変倍中絞りの径を変化させなければFナンバーは可変になる。

実施例10は、第10図に示す通りの負、正、正、正の4群構成のレンズ系である。第1面( $r_1$ )が条件(4)を満足する非球面でこれによってワイド側の歪曲収差等を補正している。また第13面(最終面 $r_{13}$ )に条件(6)を満足する非球面を用いてワイド端からテレ端までの球面収差等を補正している。この実施例も実施例9と同じように第1、第2、第3、第4レンズ群をすべて可動にし



収差補正の自由度を増して良好な収差補正を行なっている。また変倍中に絞りの径を変化させてFナンバーを固定しているが、変倍中に絞り径を変化させなければFナンバーは可変になる。この実施例はアキシアルタイプの屈折率分布型レンズを用いず、非球面を2面用いて収差を良好に補正した例である。

この実施例10のワイド、中間焦点距離、テレにおける収差状況は、夫々第38図、第39図、第40図に示す通りである。

【発明の効果】

本発明のレンズ系は、ワイド側での画角が $60^{\circ}$ ～ $70^{\circ}$ 程度で、変倍比が3～4程度である広画角で高変倍の変倍レンズである。

4. 図面の簡単な説明

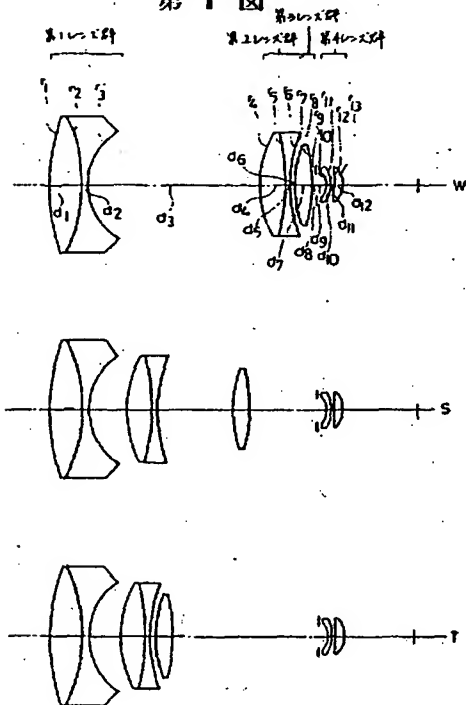
第1図乃至第10図は夫々本発明の実施例1乃至実施例10の断面図、第11図乃至第13図は実施例1の収差曲線図、第14図乃至第16図は実施例2の収差曲線図、第17図乃至第19図は実施例3の収差曲線図、第20図乃至第22図は

実施例4の収差曲線図、第23図乃至第25図は実施例5の収差曲線図、第26図乃至第28図は実施例6の収差曲線図、第29図乃至第31図は実施例7の収差曲線図、第32図乃至第34図は実施例8の収差曲線図、第35図乃至第37図は実施例9の収差曲線図、第38図乃至第40図は実施例10の収差曲線図、第41図は第1レンズ群で形成され虚像のリレーの様子を示す概略図である。

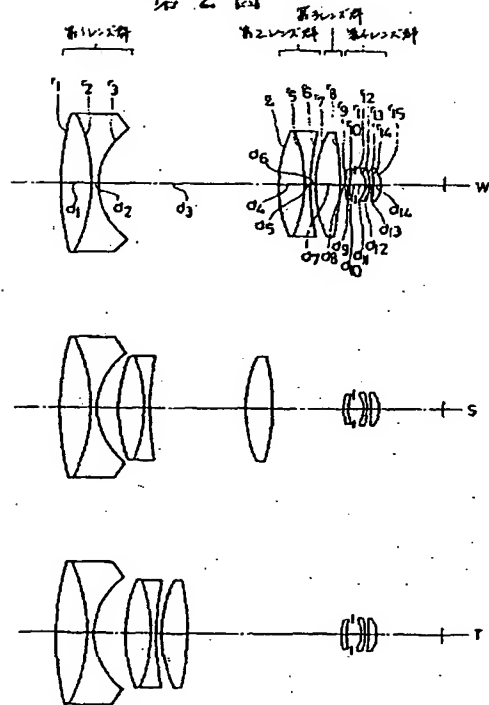
出願人 オリンパス光学工業株式会社

代理人 向 寛 二

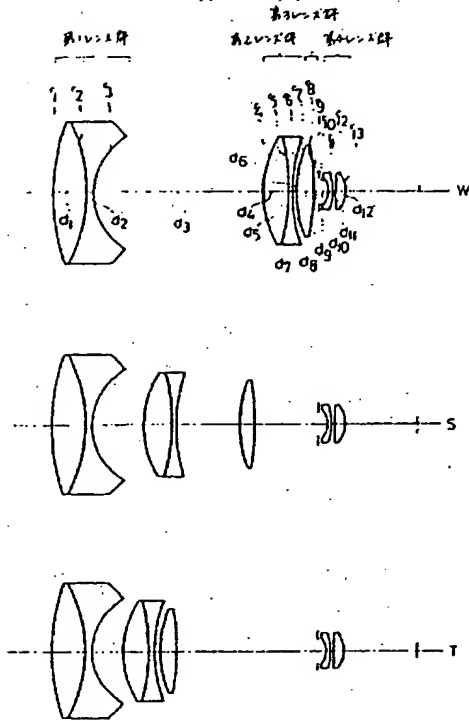
第1図



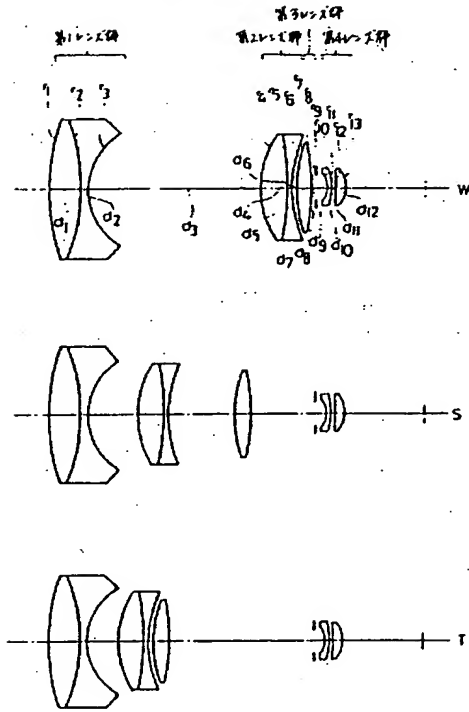
第2図



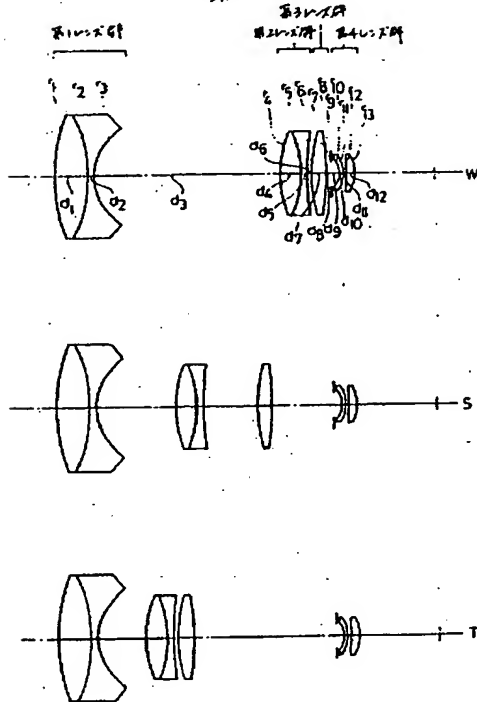
第 3 図



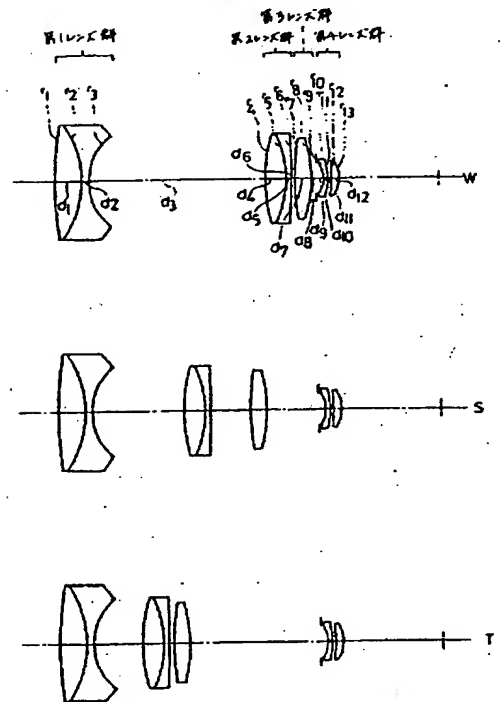
第 4 図



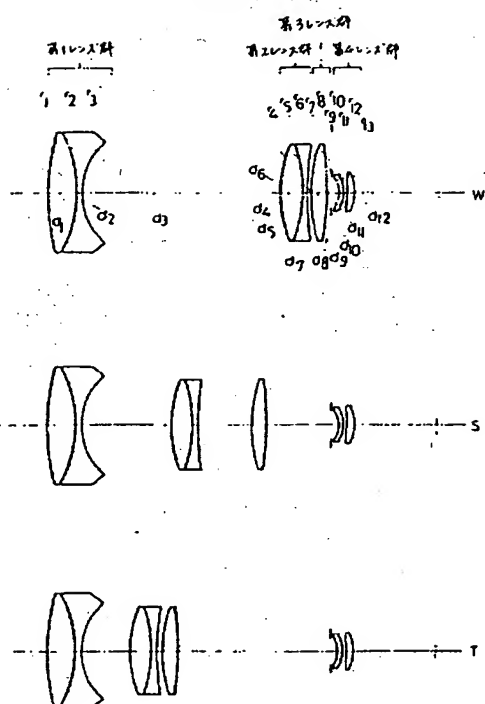
第 5 図



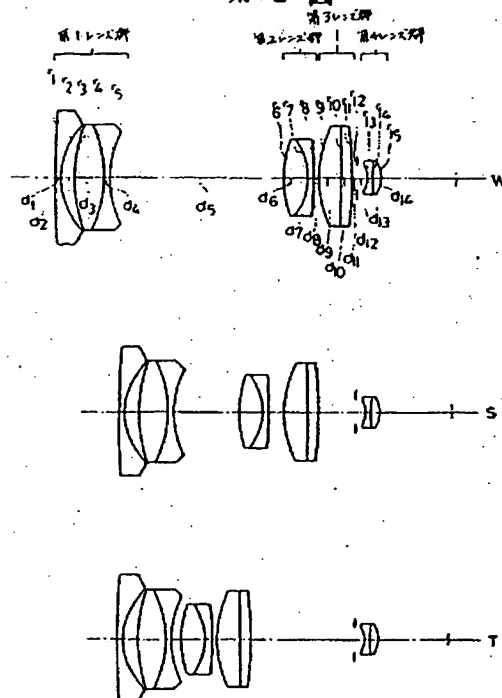
第 6 図



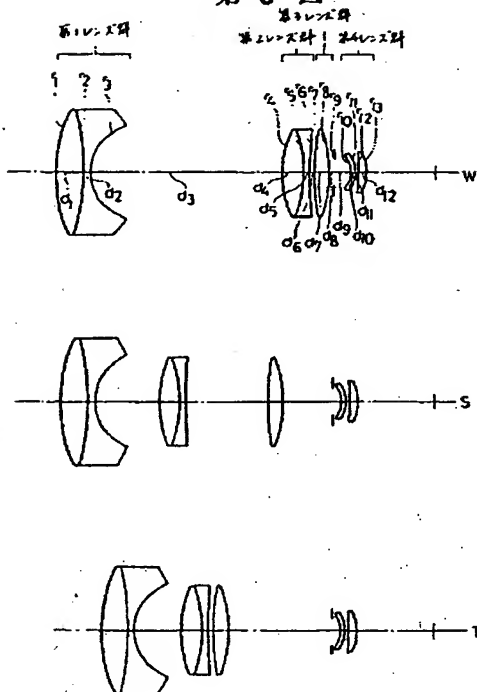
第 7 図



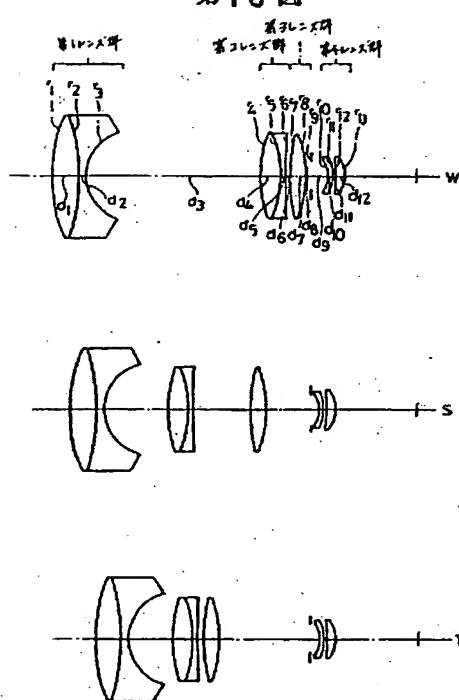
第 8 図



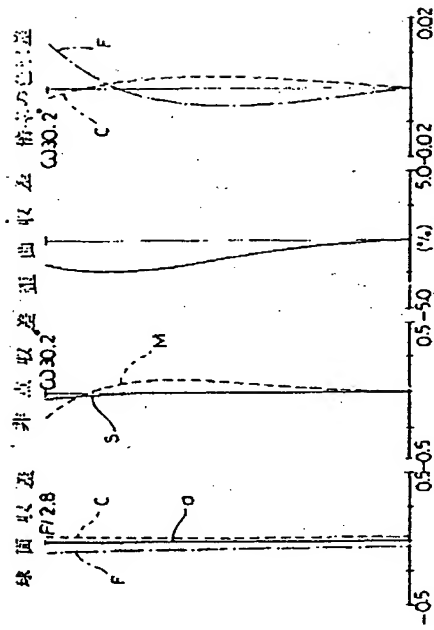
第 9 図



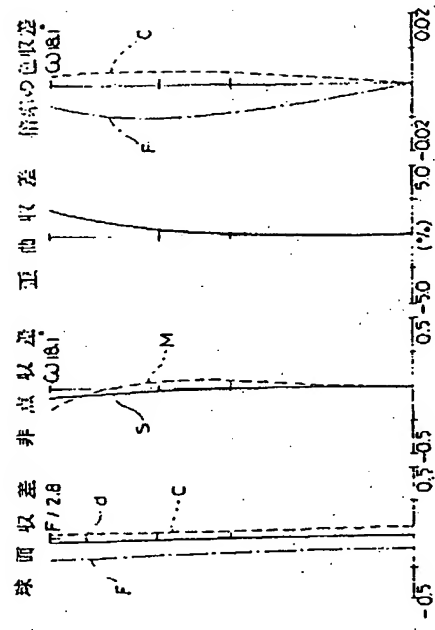
第10図



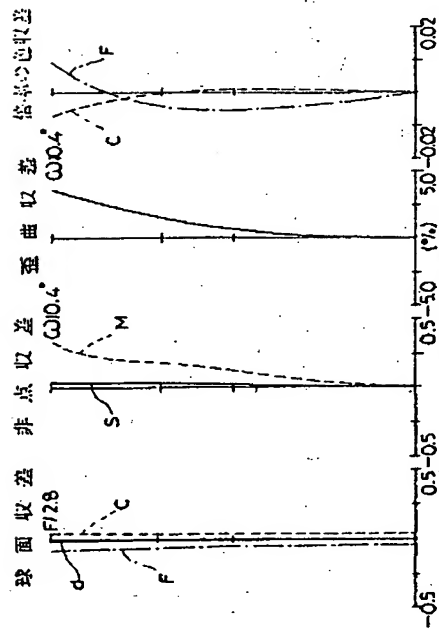
第11図



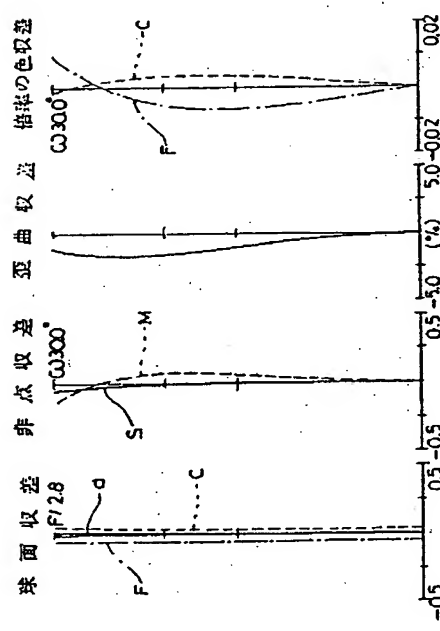
第12図



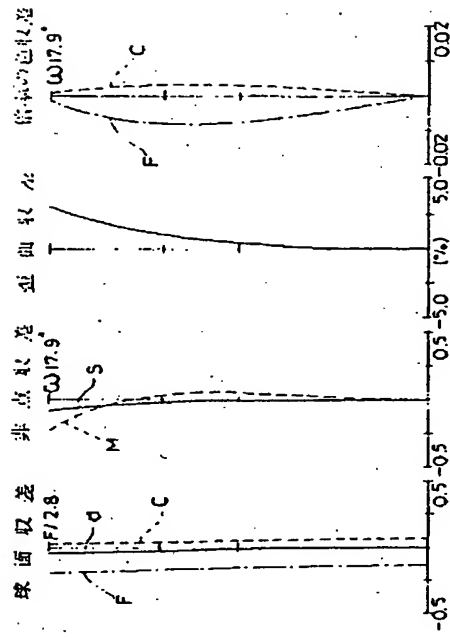
第13図



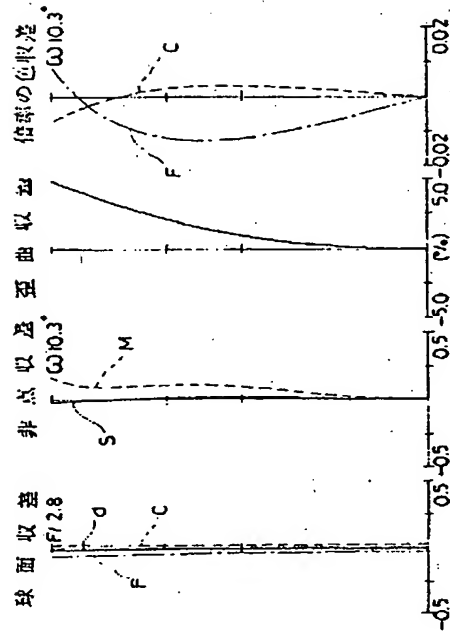
第14図



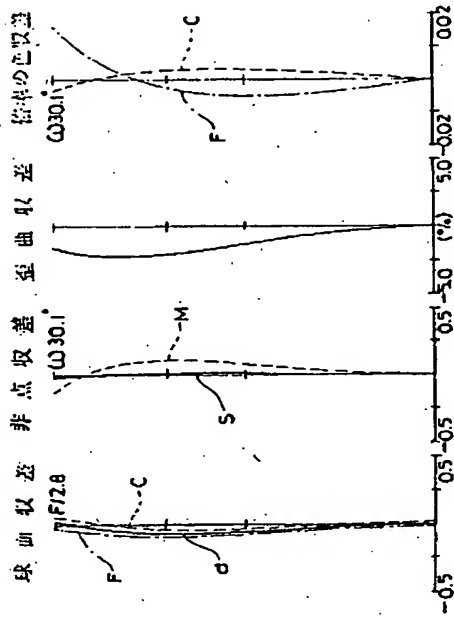
第15図



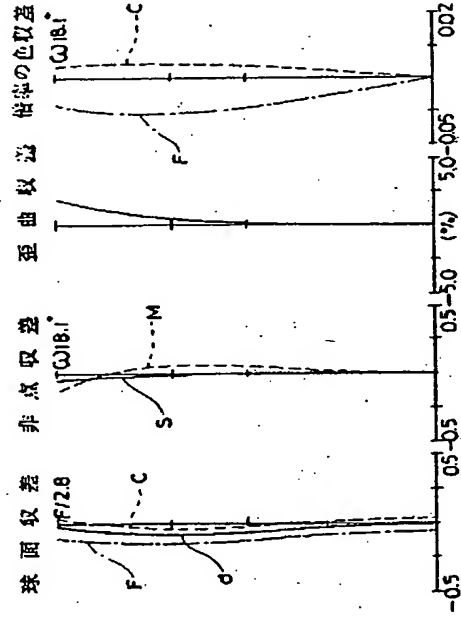
第16図



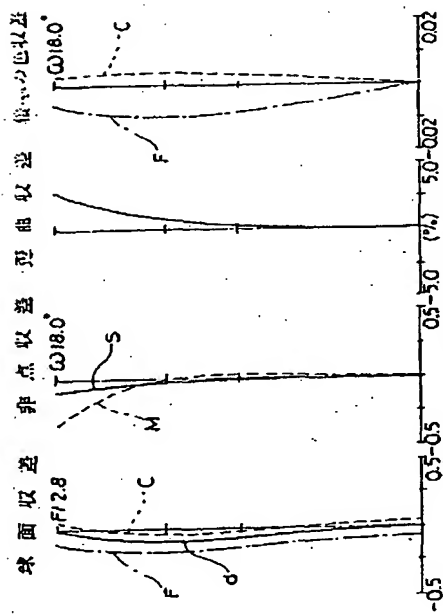
第17図



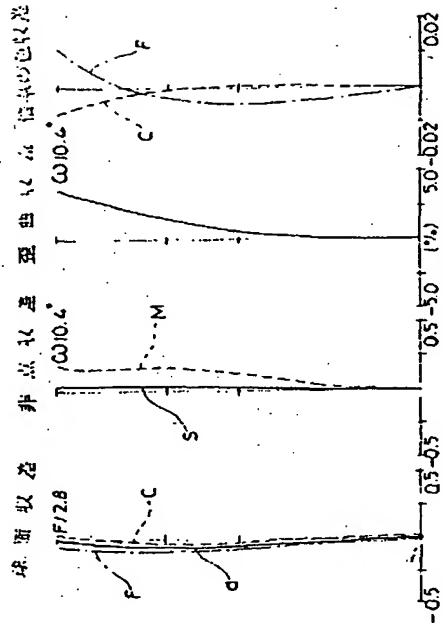
第18図



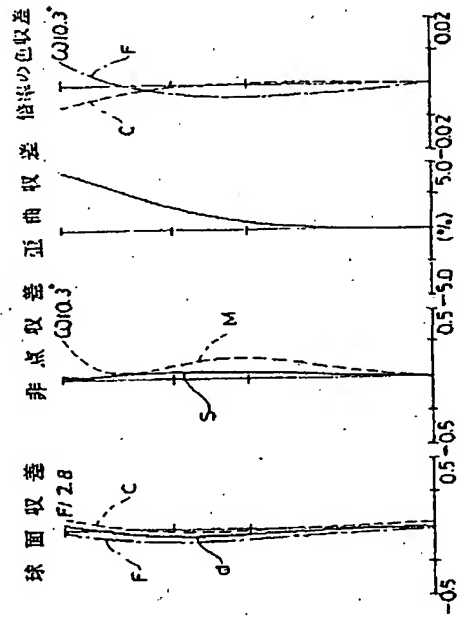
第21図



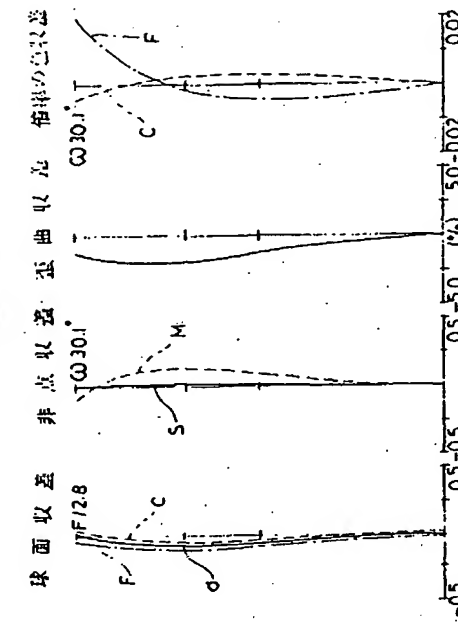
第19図



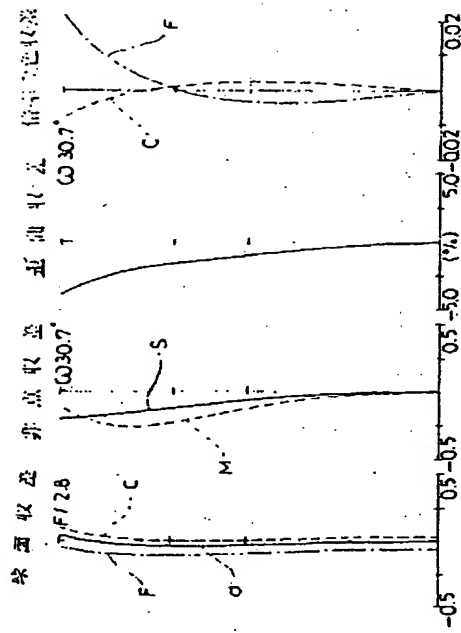
第22図



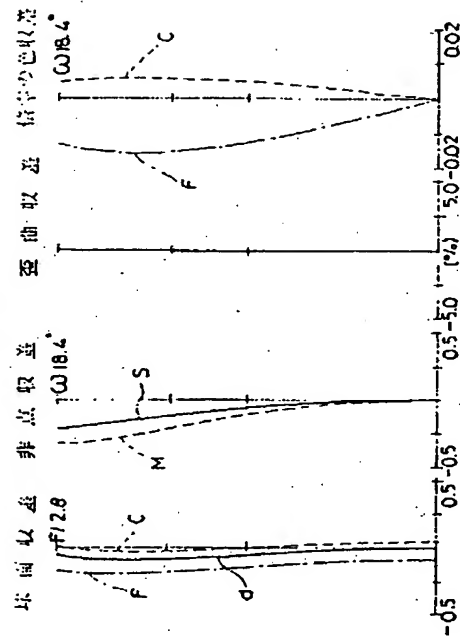
第20図



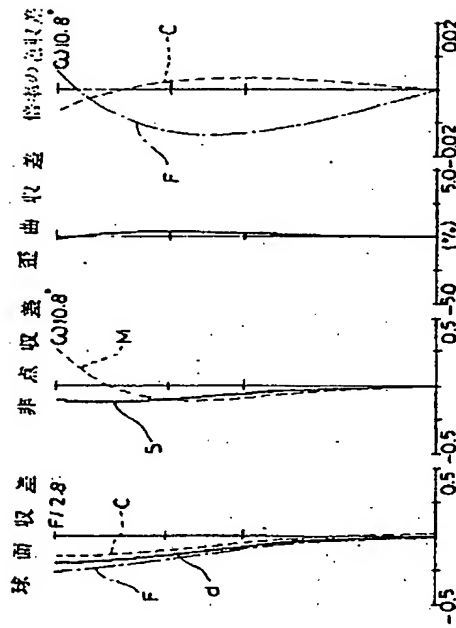
第23図



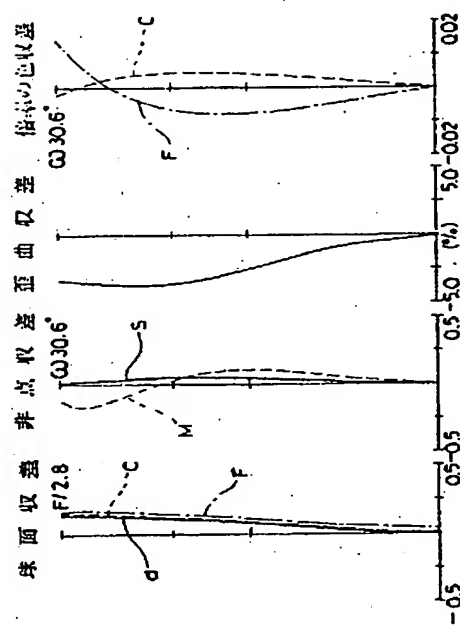
第24図



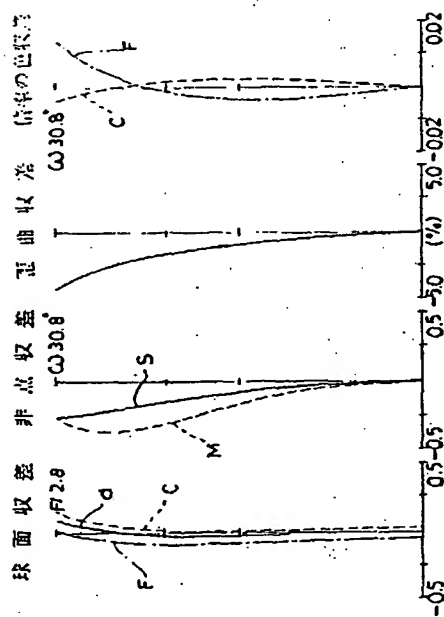
第25図



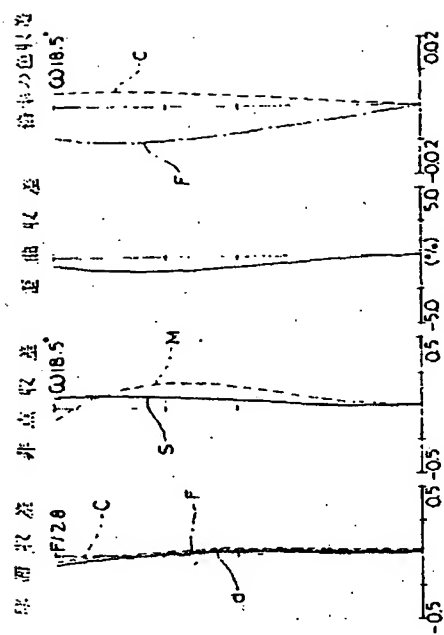
第26図



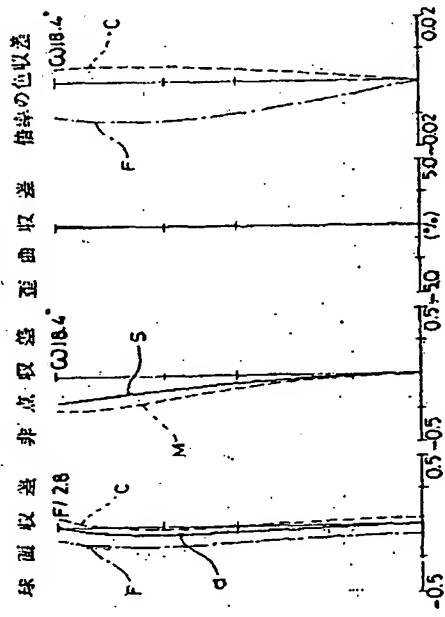
第29図



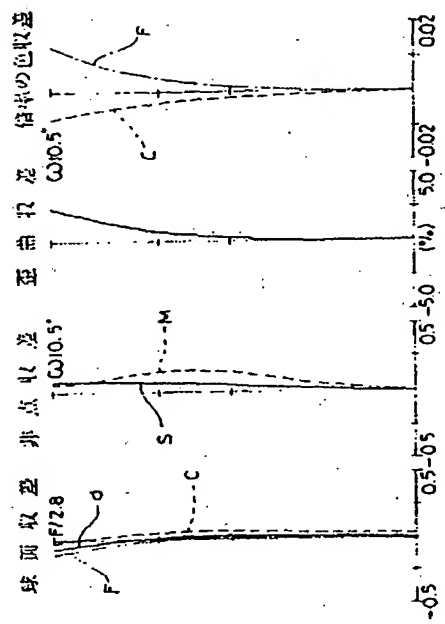
第27図



第30図

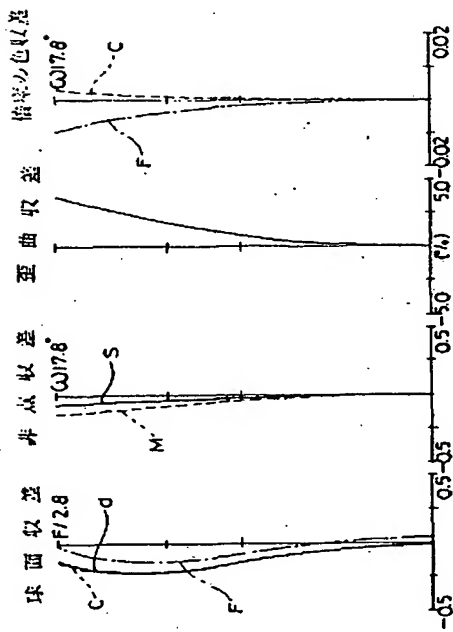


第28図

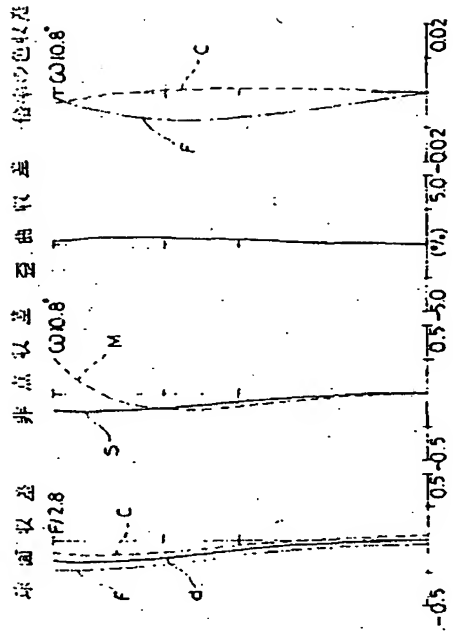




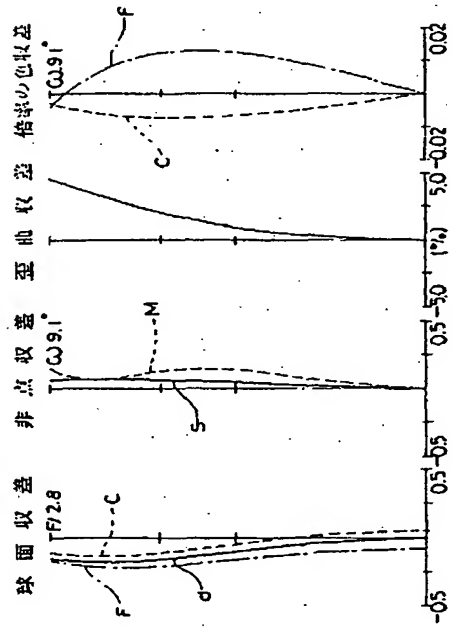
第33図



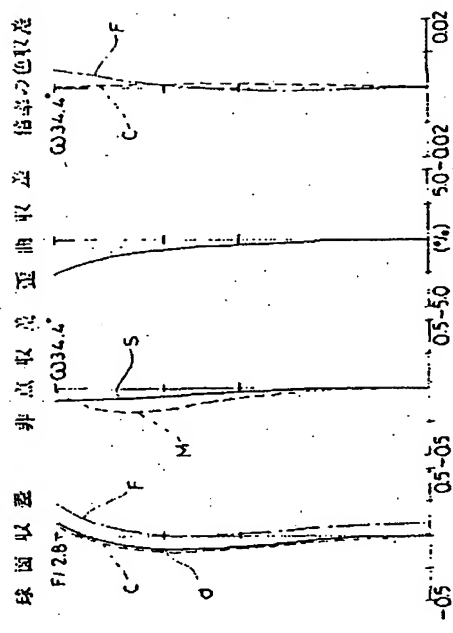
第31図



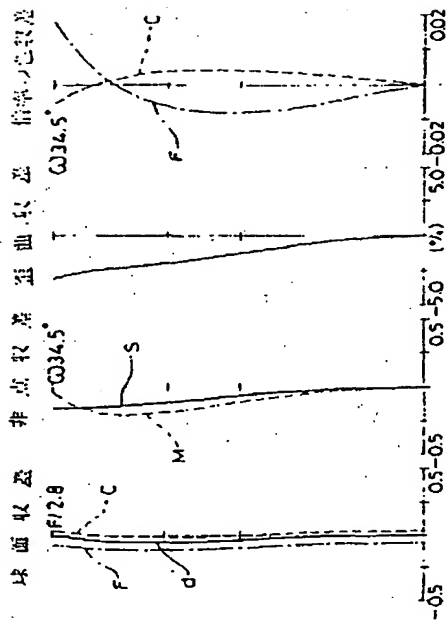
第34図



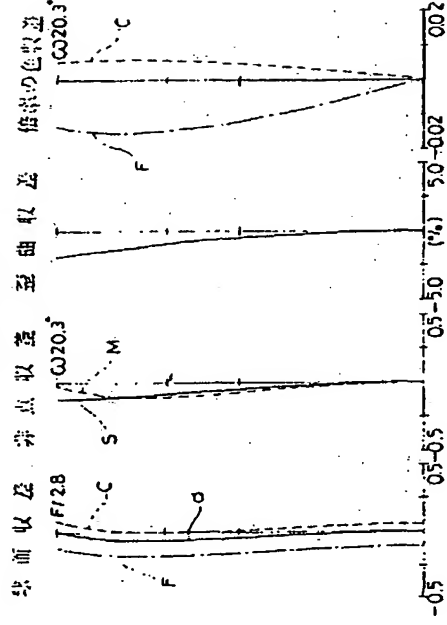
第32図



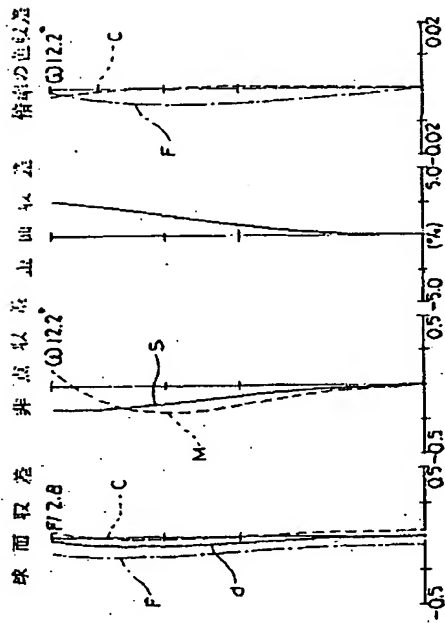
第35図



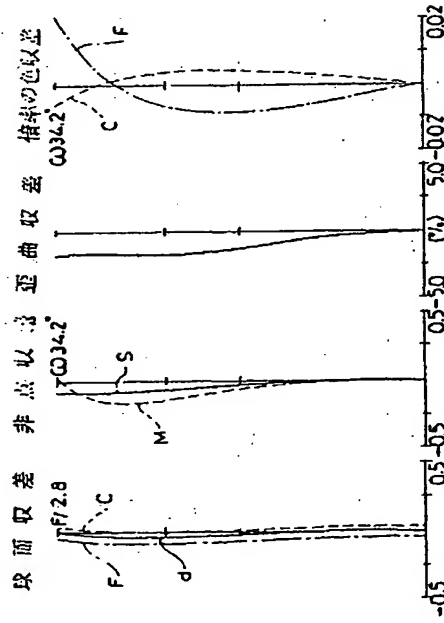
第36図



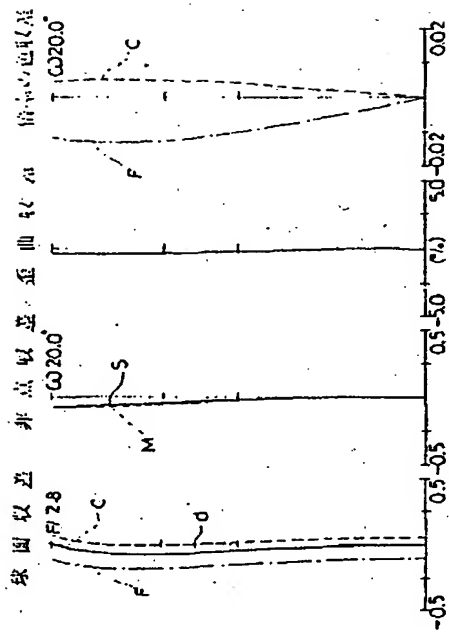
第37図



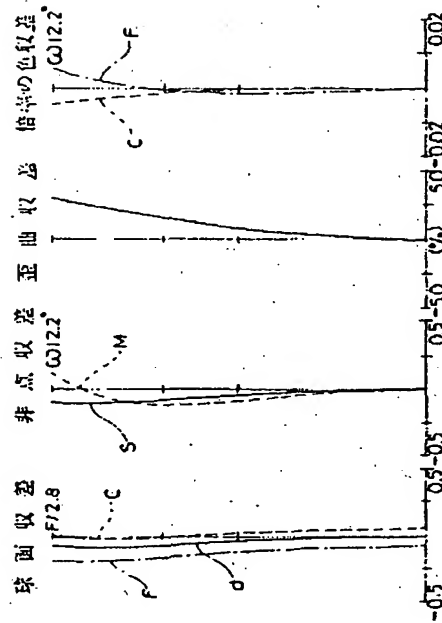
第38図



第39図



第40図



第41図

